УДК 533.9.01:539.216.2

Б.М. ШИРОКОВ, канд. техн. наук, ***А.Ф. КОРЖ***, канд. физ.-мат. наук,
Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»

ДИСПЕРСНЫЕ ПОГЛОТИТЕЛИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ РАДИАЦИИ

У роботі презентовано результати розрахунків різноманітних конструкцій дисперсних структур, в яких дисперсна фракція, поміщена в діелектричну матрицю, являє собою мікрочастинки, на поверхні яких нанесено металеве покриття. Такі штучні матеріали можуть бути використані, як вбирачі електромагнітної енергії.

In the work are presented results calculation different design disperse structures, in which disperse faction placed, in dielectric matrix, presents itself microparticles, the surface of which is covered by metallic coating. Such artificial material can be used as absorbers electro-magnetic energy.

ВВЕДЕНИЕ

К настоящему времени в многочисленных работах практически исчерпывающе проведены исследования функциональных возможностей материалов, которые были даны нам природой. Однако возникли области научно-практической деятельности, в которых к используемым материалам предъявляются требования такие, например, как радиационная стойкость (технологии атомной энергетики), особые электромагнитные свойства (волноводные устройства, спутниковые системы) и др. Удовлетворить таким требованиям природные (естественные) материалы не могут. Поэтому возникла необходимость создания новых искусственных материалов с заданными свойствами. К такого рода деятельности относятся нано- и микро-композитные технологии, создание искусственных полупроводников и диэлектриков, конструирование дисперсных структур и др.

В настоящей работе представлены проведенные авторами результаты теоретических исследований электромагнитных свойств твердотельных структур, состоящих из «облака» микрочастиц, равномерно распределенного в диэлектрической матрице. Каждая частица состоит из диэлектрического ядра, на которое нанесено тонкослойное металлическое покрытие.

ПОВЕХНОСТЬ

Категория «поверхность» в рассматриваемой задаче имеет два аспекта:

аспект первый: необходимо заданным образом сформировать поверхность дисперсного объекта, чтобы обеспечить необходимые свойства материала (например, уровни отраженной и поглощенной мощности падающей волны и др.);

аспект второй: располагая правильным образом сконструированным дисперсным материалом (заданные электрофизические характеристики дисперсной фракции, геометрическая форма элементов структуры, размеры частиц, плотность упаковки, геометрия структуры и др.), можно использовать ее в свою очередь, как материал покрытия для формирования поверхности различных конструкций (например, стенок волноводных систем) для обеспечения заданных электромагнитных свойств.

КОНСТРУКЦИИ И СВОЙСТВА ДИСПЕРСНОЙ СТРУКТУРЫ

В работе аналитическим методом проведен расчет сечения поглощения электромагнитных волн диэлектрическим шариком с тонким металлическим покрытием. Такая задача в общей постановке была решена в работах [1, 2].

Решения для полей искались:

- в сердцевине шарика – в виде сферической функции Бесселя $j_m(y)$, имеющей конечное значение в центре шара;

- снаружи – в виде сферической функции Ханкеля второго рода $h_m^{(2)}(y)$, которая на бесконечности обращается в ноль по закону (см., напр., [3]):

$$h_m^{(2)}(y) \sim (i^{m+1}/y) \times e^{-iy};$$

- внутри слоя – в виде суммы сферической функции Бесселя и Ханкеля с неопределенными коэффициентами. Коэффициенты определялись из условий сшивки решений на двух границах. Здесь $y = \sqrt{£} \times k \times r$, k – модуль волнового вектора, £ - диэлектрическая проницаемость среды, r - радиальная сферическая координата.

В настоящей работе проведен расчет сечений поглощения для случая, когда длина волны излучения ª больше размера шарика «a», глубины скин-слоя материала покрытия ¢ и толщины покрытия Δr, т.е.:

$$ª \gg a \geq ¢ \geq \Delta r \qquad (1)$$

Получено выражение для сечения поглощения волны:

$$\pm_{погл} = (4® /к^2) \times ReS(¯ = 0) \qquad (2)$$

и определены доминирующие механизмы поглощения. (Здесь $S(¯)$- амплитудтная функция рассеивающей частицы, ¯ - угол рассеяния, к- модуль волнового

вектора). При выполнении условия (1) сечение поглощения (2) имеет вид:

$$\pm_{погл}=(32®^{2}/3)\times(a/ª)\times Im(\sim_{p}+\sim_{m})\times \pm_{0}, \quad (3)$$

где $\pm_{0}=® a^{2}/4$, $\sim_{p}$ и $\sim_{m}$ – значения поляризуемости частицы, связанные с колебаниями электрического и магнитного (созданного наведенными токами) дипольных моментов. Для нашего случая эти выражения имеют вид:

$$Im\sim_{p} = (9®/4)\times(¢/ª)\times(a/\Delta r), \quad (4)$$

$$Im\sim_{m}= (9/16®)\times(¢^{2}/a\times\Delta r). \quad (5)$$

Если материал покрытия металл с хорошей проводимостью 10^{17} c^{-1}, ¢ ~ 1 мкм, то магнито-дипольные потери являются доминирующими.

Результаты. Таким образом диэлектрический шарик с металлическим покрытием размером:

$$a \sim \Delta r \sim 1 \text{ мкм}$$

либо $a \sim 10$ мкм, $\Delta r \sim 0{,}1$ мкм

является хорошим поглотителем. При этом сечение поглощения слабо зависит от длины волны излучения (см.(5)), а сферическая симметрия обеспечивает слабую зависимость поглощения от угла падения.

Поглотители из таких шариков могут использоваться, например, и для изготовления стенок волноводных систем, где эффект отражения волны является паразитным [4].

Проведены исследования процессов взаимодействия электромагнитной волны с дисперсной структурой, состоящей из облака таких частиц, помещенных в диэлектрическую матрицу. Получены оптимальные значения параметров таких структур, определяющие эффективное поглощение волны.

Толщина дисперсной структуры d находится из условия полного поглощения падающего излучения:

$$W_0\times\pm_{погл}\times N\times d = W_0,$$

т.е. для дисперсной фракции в виде слоистых шариков имеем

$$d = (ª/2®)\times(¢^{2}/a\times\Delta r)$$

Здесь N – объемная плотность дисперсной фракции, $W_0= (c/8®)\times E_0^{2}$ – модуль потока мощности, а E_0 – амплитуда напряженности падающей волны.

Так, структура, имеющая параметры: $\pm \sim 10^{17}$ c^{-1}, $a \approx \Delta r \approx 0{,}5$ мкм,

$N \approx 10^{12}$ см$^{-3}$, d ≈ (3 – 5) мм, является хорошим поглотителем. Имеется еще множество конструкционных вариантов поглощающих структур, позволяющих привести их в соответствие с имеющимися или разрабатываемыми технологиями.

Список литературы: 1. *A.L. Aden, M.S. Kerker.* Scattering of electro-magnetic waves from two concentric spheres // J.Appl.Phys. - 1951. -Т. 2. - № 10, - С. 1242 - 1246. **2**. *К.С. Шифрин.* Рассеяние света на двухслойных частицах // Изв. АН СССР, сер. геофизическая. - 1952. - № 2. - С. 15 - 21. **3**. *Ф. Олвер.* Асимптотика и специальные функции.- М.: «Наука», 1990.- 456 с. **4.** *Л.Ф. Ирюшкина, Н.И. Воробьева.* Материалы для внутривакуумных поглотителей СВЧ – энергии // Обзоры по электронной технике. Серия 6. Материалы. - 1988. - вып. 9. - С. 1415 - 1466.

Поступила в редколлегию 20.10.06

УДК 678.652:543.422.3-74

В.В. ЛЕБЕДЄВ, аспірант; ***В.Л. АВРАМЕНКО***, канд.тех.наук, НТУ“ХПІ”
Ю.М. СУРОВ, канд.хім.наук, ХНУ ім. В.Н.Каразіна, Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНИХ ЗМІН В МЕЛАМІНОАЛЬДЕГІДНОЇ СМОЛІ В ПРОЦЕСІ ОТРИМАННЯ І СТРУКТУРУВАННЯ

Стаття присвячена дослідженню процесу отримання структурованої меламіноформальдегідної смоли. Методом інфрачервоної спектроскопії визначені основні структурні зміни, які відбуваються в смолі на основних стадіях отримання. Досліджено вплив пластифікатору на структуру меламіноформальдегідної смоли.

The article is devoted to research of process of receipt of the structured melamineformaldehude resin. By the method of infra–red spectroscopy the structural changes which take place in resin on the basic stages of receipt is detected. Influence of plasticizer on the structure of melamineformaldehude resin is explored.

Раніше [1, 2] були описані розроблені нами методики отримання прозорих ненаповнених меламіноформальдегідних смол. З синтезованих смол одержані зразки структурованого полімеру при різних співвідношеннях вихідних реагентів і різних технологічних режимах, визначені основні хімічні, фізичні і фізико–механичні показники.